

Отчетная конференция «Углерод в наземных экосистемах: мониторинг. Реализация ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ – 2023». Москва, ЦЭПЛ РАН, 13-15 февраля 2024 г.

Исследования потоков парниковых газов и углеродного баланса на Курской биосферной станции Института географии РАН

О.Э. Суховеева, Д.В. Карелин



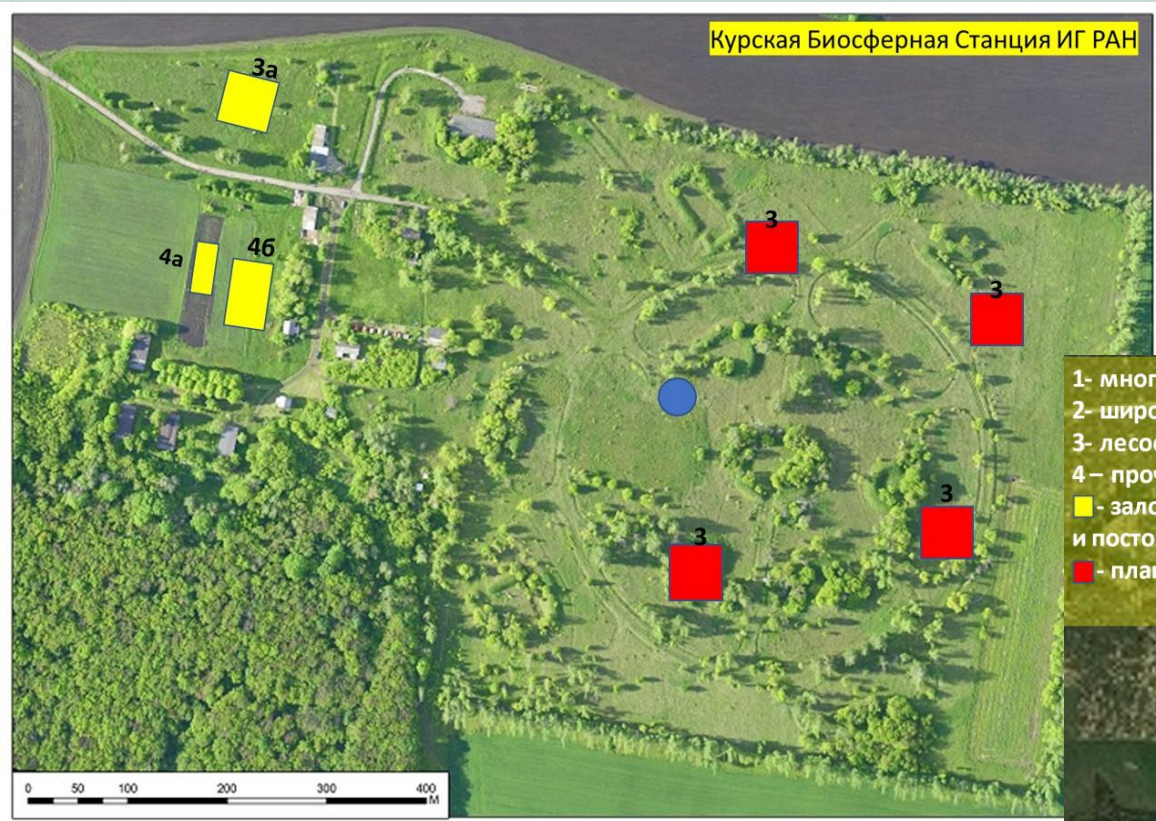
ИНСТИТУТ
ГЕОГРАФИИ
Российской
академии наук
основан в 1918 году

РИТМ
УГЛЕРОДА

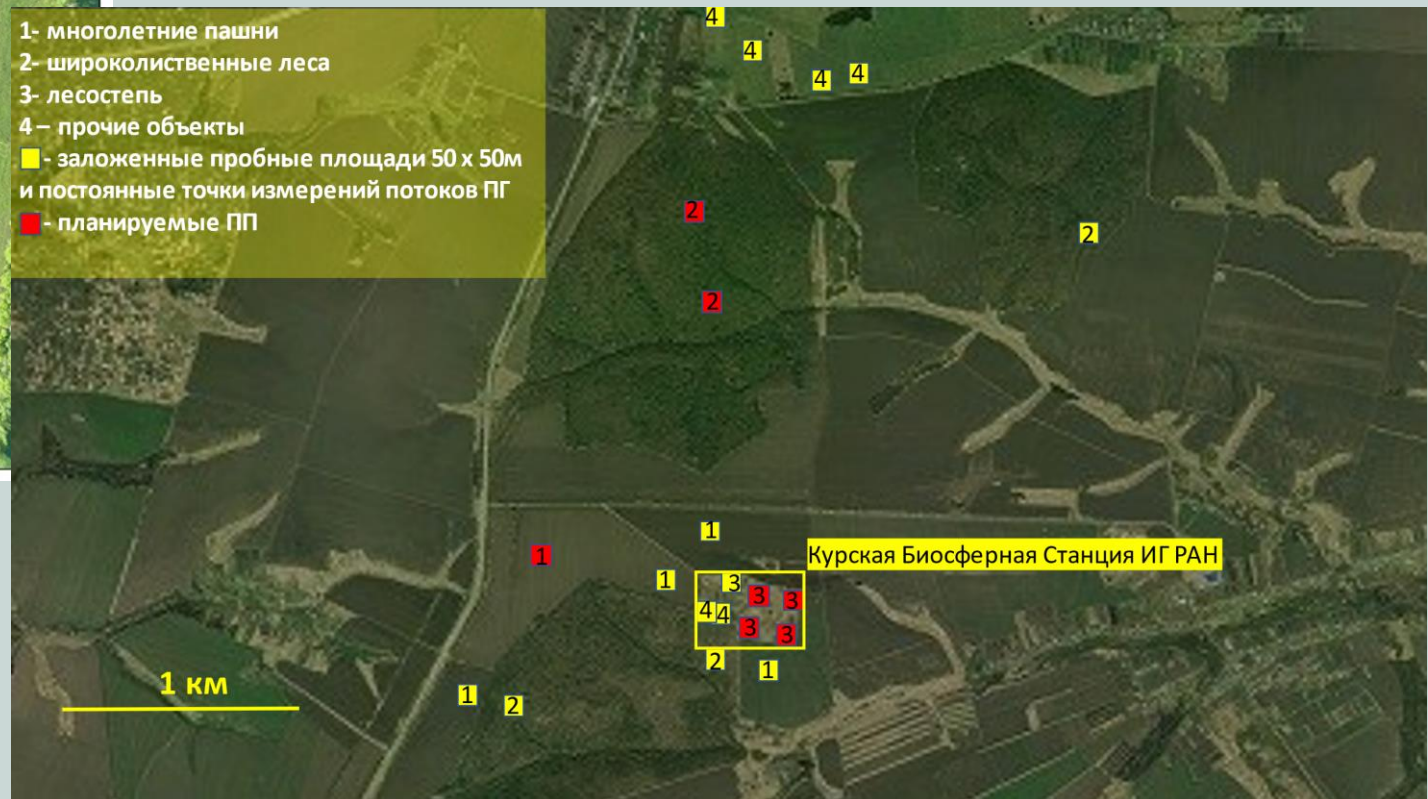


Российская система
климатического
мониторинга

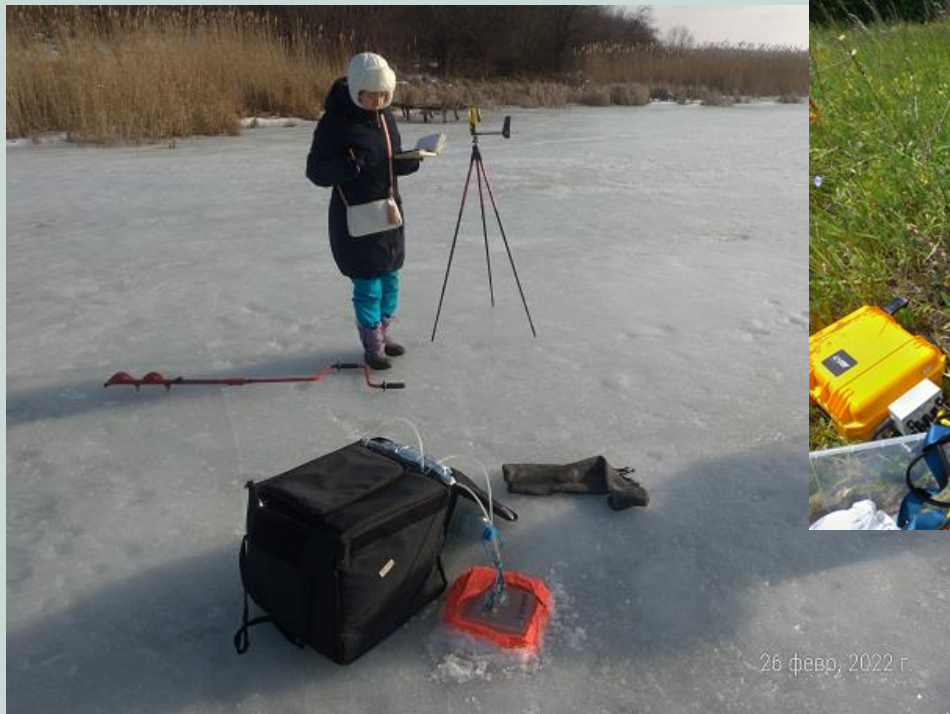
Карта размещения пробных площадей



- 1- многолетние пашни
- 2- широколиственные леса
- 3- лесостепь
- 4- прочие объекты
- - заложенные пробные площади 50 x 50м и постоянные точки измерений потоков ПГ
- - планируемые ПП



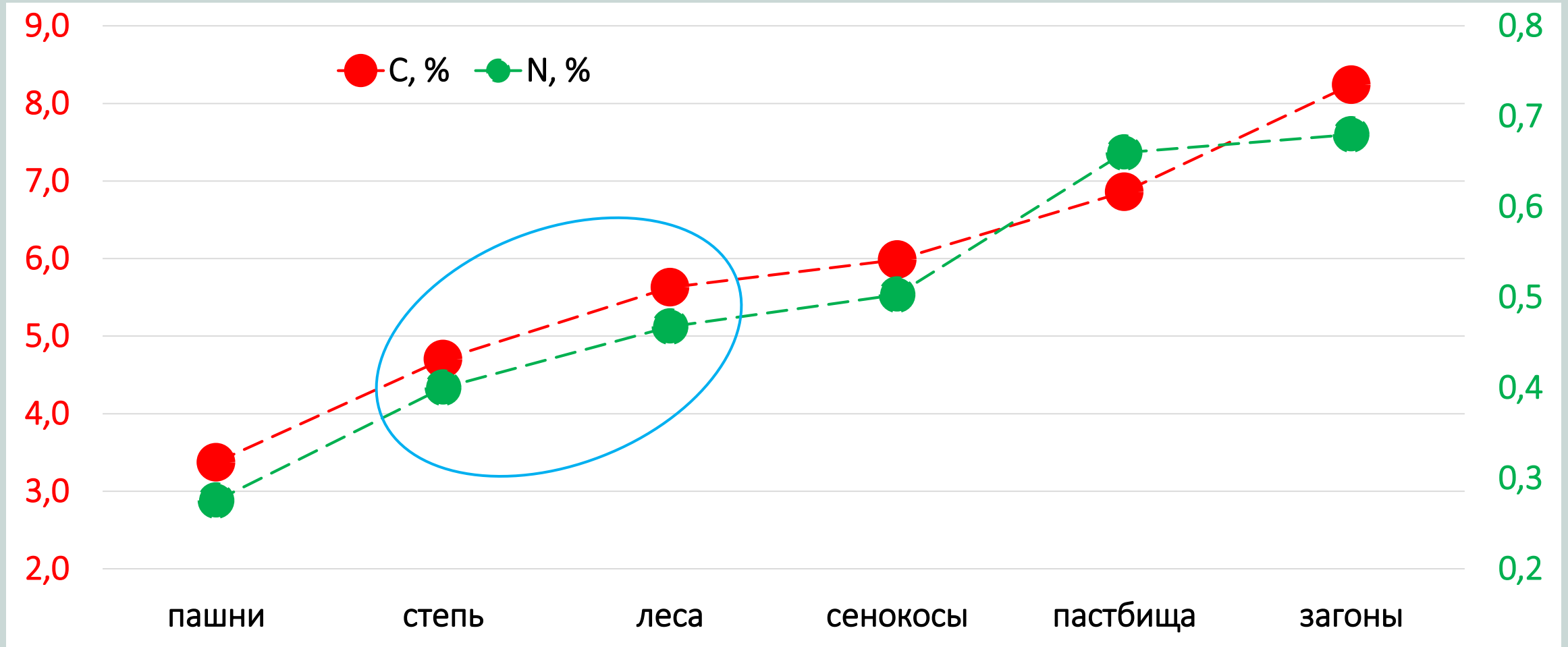
Измерительное и вспомогательное оборудование



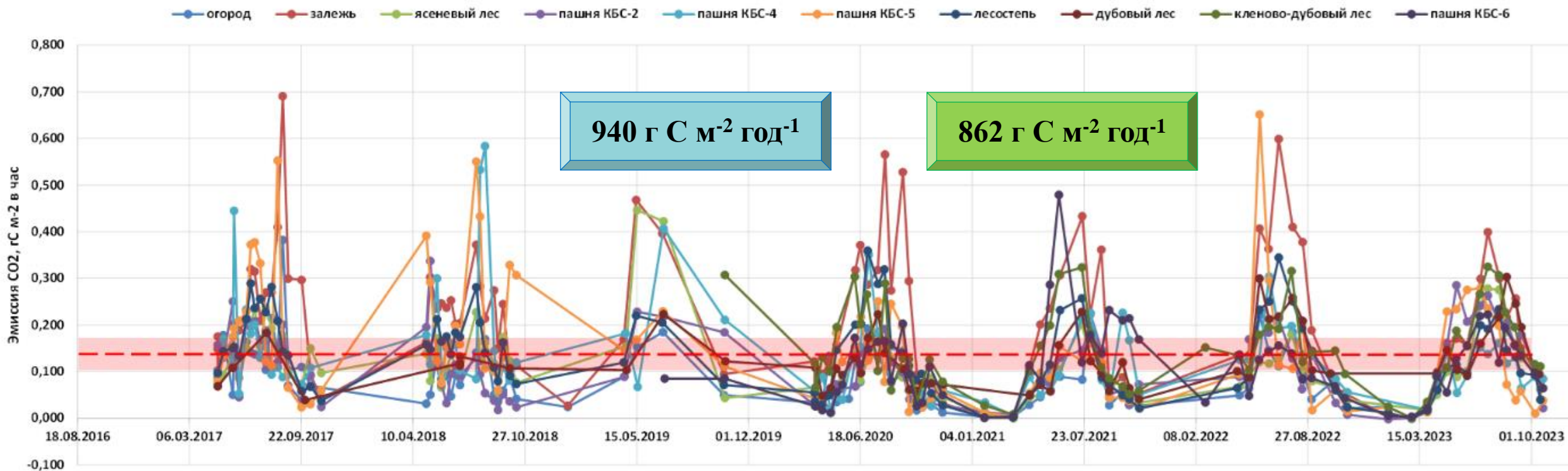
Количественные показатели по проекту в 2023 г.

- Постоянные измерения эмиссии парниковых газов в 10 экосистемах
- Число единичных измерений эмиссии CO₂ – 2120
- 10 опорных разрезов на глубину 150 см, 30 бурений
- Проанализировано 450 образцов почвы по 12 показателям
- Таксационные и геоботанические описания на трех ПП
- 6 публикаций в журналах (из них одна Q1 WoS)
- Зарегистрирована база данных по дыханию почвы

Содержание углерода и азота (%) в слое 0-20 см черноземов природных и антропогенных экосистем

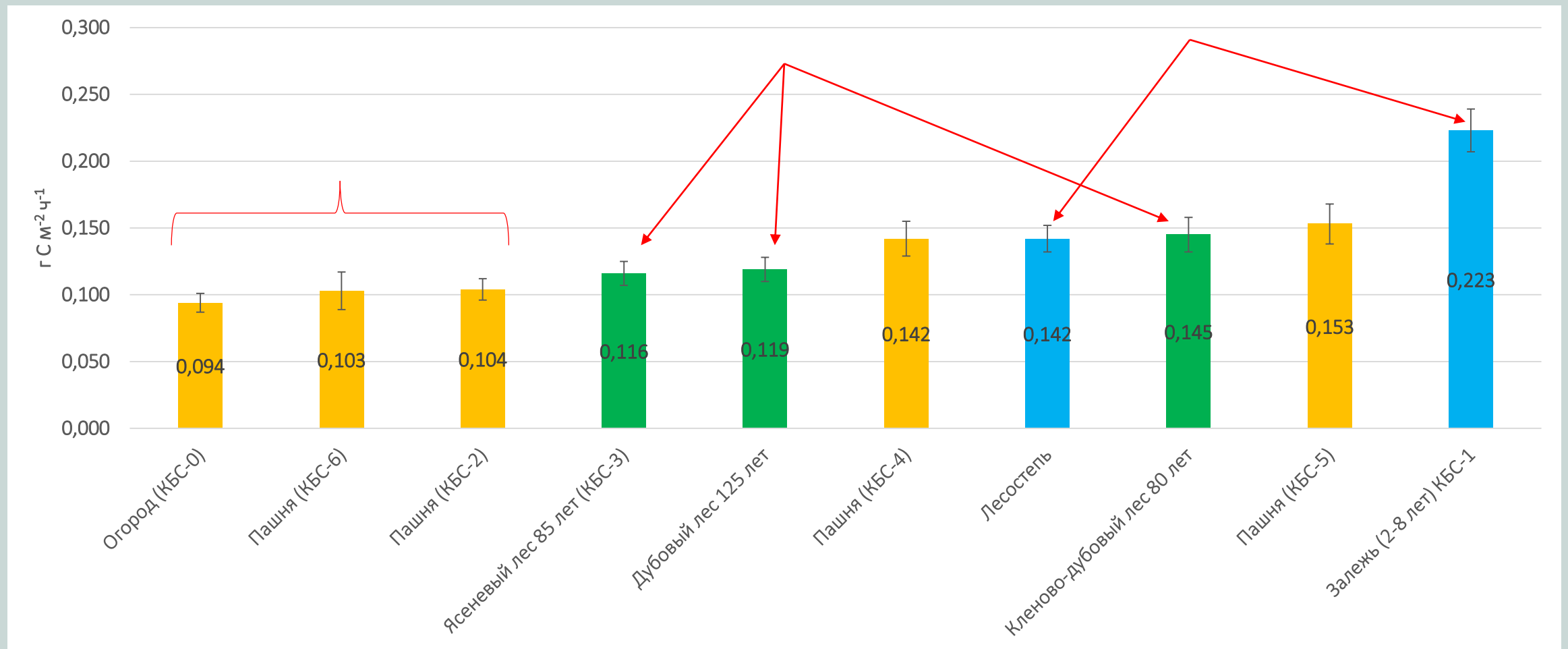


Многолетняя динамика эмиссии CO_2 из почв исследуемых экосистем



Пунктиром выделен среднемноголетний уровень эмиссии по всем биотопам $0.136 \pm 0.0035 \text{ г С м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ ($n=833$),
красным цветом обозначен 95% доверительный интервал

Среднегодовые значения эмиссии CO₂ из почв исследуемых биотопов (2017-2023 гг.)



Попарное сравнение средних величин эмиссии CO₂ в различных биотопах за период многолетних наблюдений (2017–2023 гг.; критерий Манна-Уитни)

	Огород (КБС-0)	Пашня (КБС-2)	Пашня (КБС-4)	Пашня (КБС-5)	Пашня (КБС-6)	Ясневый лес 85 лет (КБС-3)	Дубовый лес 125 лет	Кленово-дубовый лес (80 лет)	Лесостепь	Залежь (2-8 лет) КБС-1
Огород (КБС-0)		0.415	0.002	0.006	0.890	0.037	0.023	0.0008	0.0003	< 0.0001
Пашня (КБС-2)			0.036	0.049	0.470	0.290	0.128	0.014	0.006	< 0.0001
Пашня (КБС-4)				0.990	0.013	0.197	0.530	0.430	0.49	< 0.0001
Пашня (КБС-5)					0.030	0.266	0.490	0.590	0.62	0.0005
Пашня (КБС-6)						0.126	0.070	0.009	0.006	< 0.0001
Ясневый лес 70 лет (КБС-3)							0.690	0.060	0.038	< 0.0001
Дубовый лес 150 лет								0.140	0.190	< 0.0001
Кленово-дубовый лес (80 лет)									0.970	0.004
Лесостепь										0.0005
Залежь (2-8 лет) КБС-1										

В ячейках приведены значения вероятности сходства средних значений (p) по выбранному критерию;

значимые различия ($p < 0.05$) выделены красным

Расчетные показатели дыхания почвы

Контрольный биотоп	Доля зимней эмиссии, %	Доля летней эмиссии, %	Коэффициент Q_{10}
Пашня КБС-2	5,3	51,4	1,98
Пашня КБС-4	12,3	46,1	2,10
Пашня КБС-5	6,8	55,6	2,31
Пашня КБС-6	7,6	51,2	2,01
Огород	6,7	44,8	2,02
Лесостепь	6,6	54,6	3,24
Залежь	6,8	58,3	2,46
Ясеновый лес, 85 лет	11,4	54,7	2,19
Кленово-дубовый лес, 80 лет	20,3	49,8	2,50
Дубовый лес, 125 лет	25,2	38,6	2,22

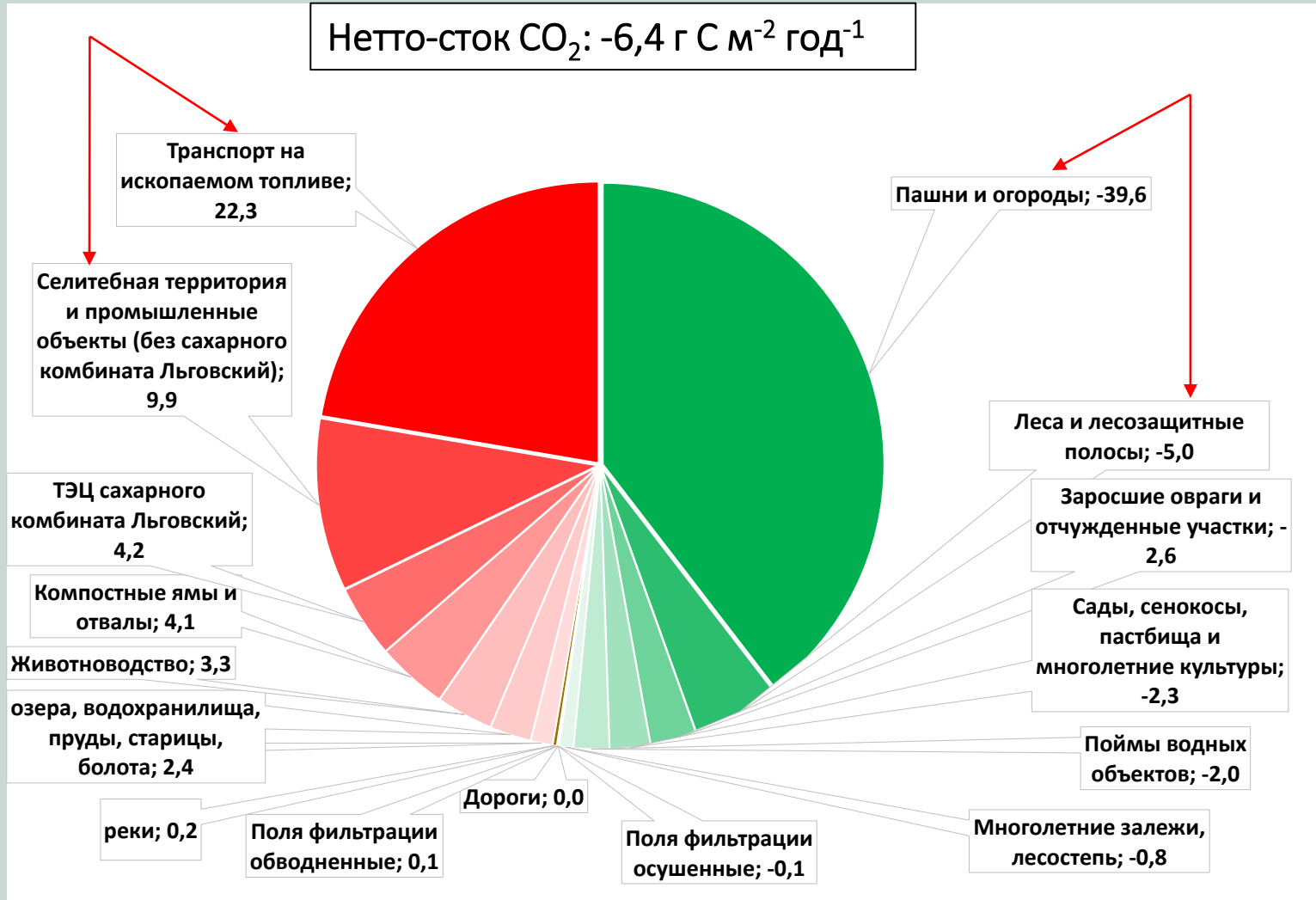
Среднегодовое количество потоков метана и закиси азота в различных экосистемах (2020-2023 гг.)

Группа экосистем	Закись азота, мг N ₂ O м ⁻² ч ⁻¹	Метан, мг CH ₄ м ⁻² ч ⁻¹
Пашни	0,081	-0,214
Пастбища	1,901	-1,781
Сенокосы	-2,274	-8,070
Залежи	0,000	-0,257
Леса	-0,001	-0,078
Загоны для скота	11,24	33909,47
Компостные хранилища	743,60	25138,41

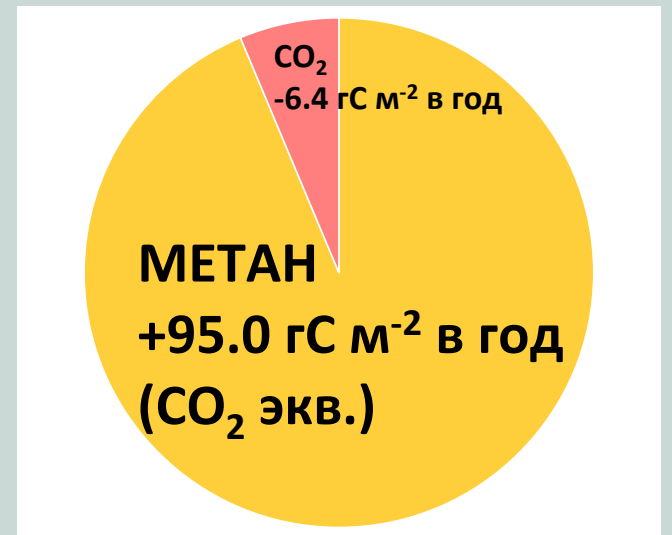
Эмиссия обозначена красным, поглощение - зеленым

Оценки нетто-баланса CO_2 и CH_4 для комплексного ландшафта (Львовский район Курской области)

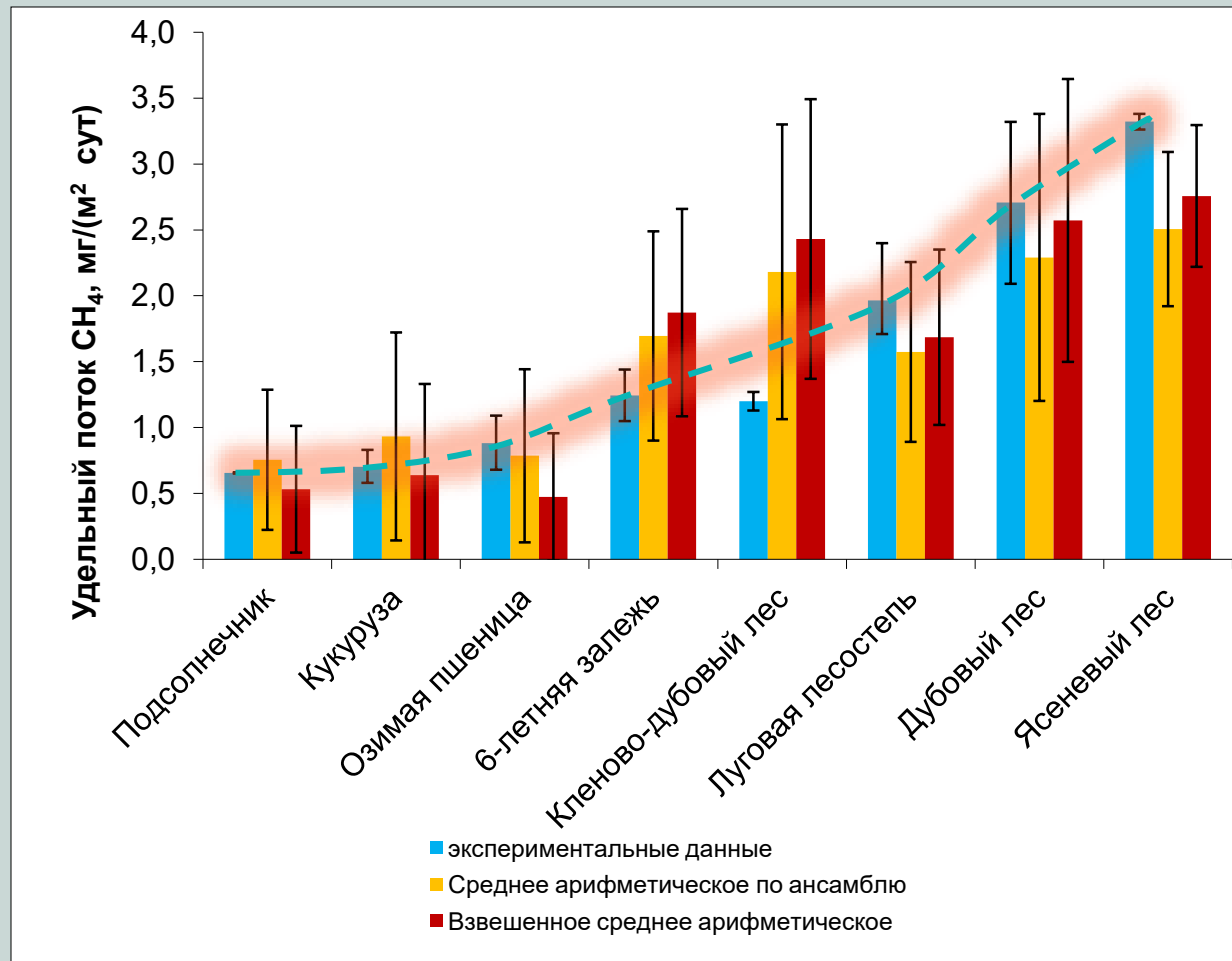
• Баланс CO_2



• Баланс $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$



Оценки поглощения метана почвой в автоморфных экосистемах по сравнению с результатами ансамблевого моделирования



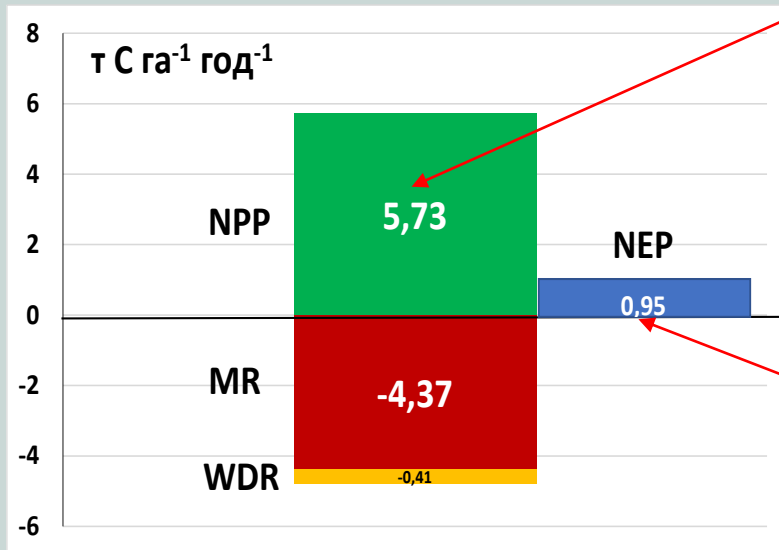
Сравнение эффективности индивидуальных моделей и ансамбля

Модель	Коэффициент Тейла
DG	0.315
C07	0.580
DLEM	0.231
MeMo	0.263
Среднее арифметическое по ансамблю	0.167
Полусумма крайних членов ансамбля	0.166
Взвешенное среднее арифметическое по ансамблю (при $\beta = 0.018$)	0.164

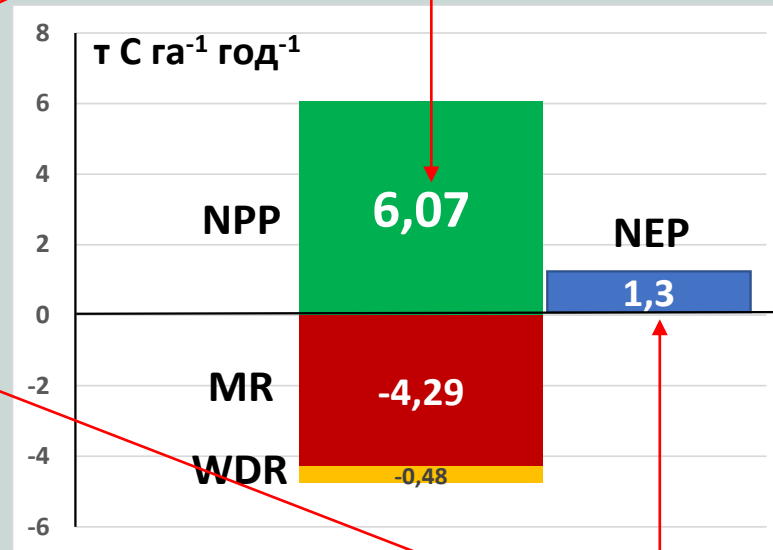
Коэффициент несовпадения Тейла изменяется от 0 (при полном совпадении) до 1 при очень плохом совпадении данных опыта и моделирования

Расчет чистого экосистемного потока (NEP)

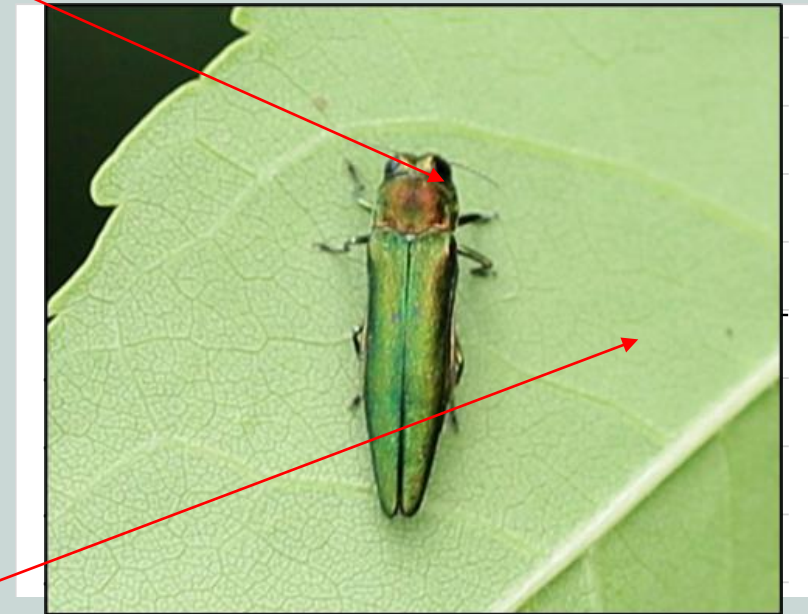
- Старовозрастный дубовый лес



- Кленово-дубовый лес



- Ясневый лес

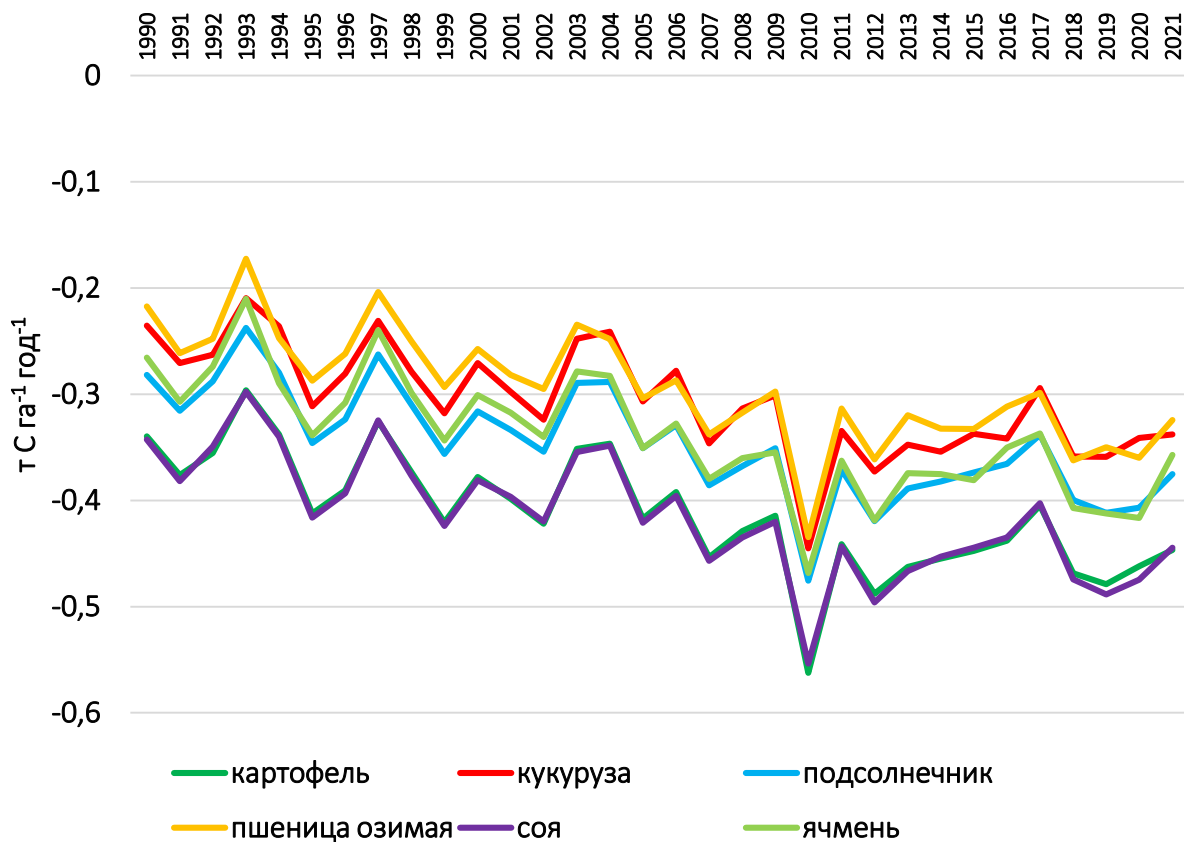


Чистая первичная продукция (NPP, расчет по CBM-CFS₃), микробное дыхание из почвы (MD, оценка по собственным натурным измерениям эмиссии) и дыхание валежа и сухостоя (WDR, на основе оценки запасов валежа и сухостоя и констант разложения по породам). Положительные значения обозначают поступление С из атмосферы в экосистему, отрицательные – источник

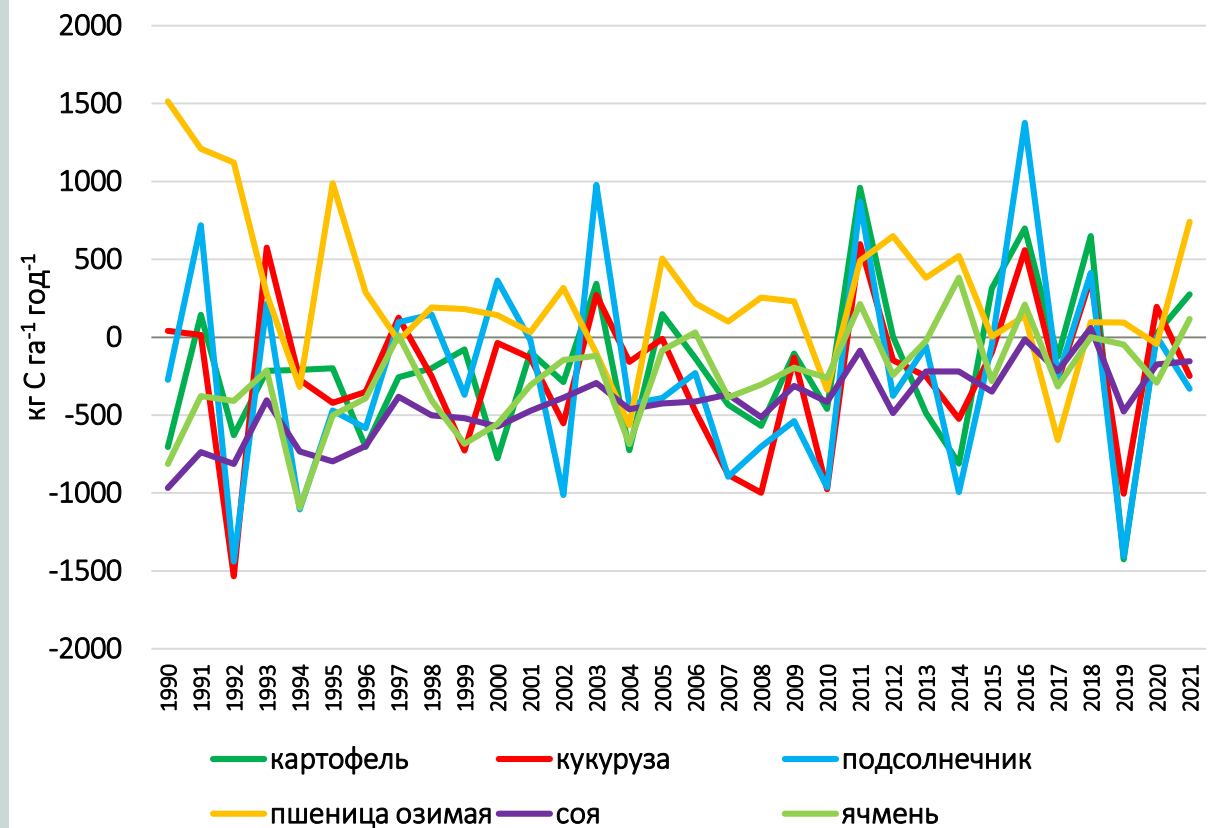
Согласно имитационному моделированию с DNDC и RothC для Курской области за 1990-2021 г., накопление органического углерода в почве возможно под озимой пшеницей (270 кг С га⁻¹ год⁻¹), в то время как под другими культурами его запасы уменьшаются (от -190 до -423 кг С га⁻¹ год⁻¹)

Культура	DNDC			RothC		T&P
	Чистый экосистемный обмен	Изменение содержания C _{орг} в почве	Дыхание почвы	Изменение содержания C _{орг} в почве	Дыхание почвы	Дыхание почвы
Кукуруза	-1312 ± 995	-241 ± 494	4536 ± 385	-306 ± 51	5540 ± 454	4875 ± 1679
Ячмень	-1113 ± 498	-255 ± 312	6897 ± 255	-338 ± 56	5243 ± 417	10551 ± 5355
Картофель	-990 ± 695	-190 ± 494	6758 ± 343	-412 ± 56	4923 ± 419	7414 ± 3149
Соя	-1861 ± 340	-423 ± 236	3386 ± 233	-414 ± 56	4919 ± 418	8541 ± 3913
Подсолнечник	-487 ± 928	-241 ± 671	5448 ± 577	-346 ± 52	4946 ± 407	7964 ± 3506
Пшеница озимая	-939 ± 721	270 ± 478	8434 ± 719	-294 ± 53	5480 ± 420	10258 ± 5081

С помощью DNDC и RothC восстановлена динамика содержания органического углерода в почве в Курской области за 1990-2021 гг. Модель RothC дает регионспецифичную характеристику потерь C_{org} с преимущественной их зависимостью от погодных условий. Результаты, полученные при использовании модели DNDC, отличаются большей специфичностью по культурам

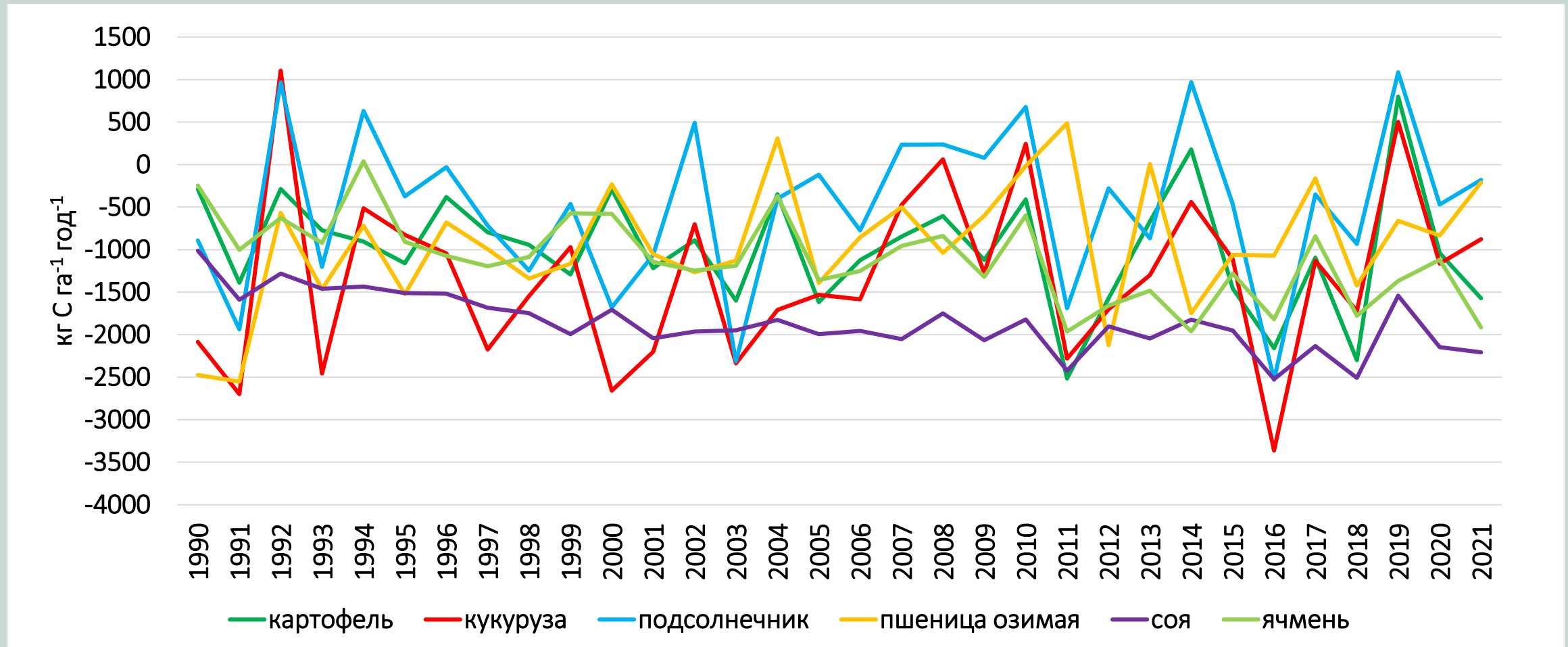


RothC



DNDC

Согласно результатам расчетов по DNDC, агроландшафты являются чистыми поглотителями углерода в различной степени (не менее $500 \text{ кг С га}^{-1} \text{ год}^{-1}$), при этом основным резервуаром поглощения углерода является фитомасса, большая часть которой удаляется при уборке урожая



Параметризация модели дыхания почвы Райха-Хашимото

Коэффициенты	Исходные значения	Скорректированные значения		
		Степь	Молодая залежь	Ясневый лес
F	1.76	2.16	2.71	1.99
a	0.049	0.057	0.069	0.053
b	0.00060	0.00058	0.00056	0.00059
K	1.46	1.39	1.27	1.42
α	0.47	0.47	0.47	0.47

Модель Райха-Хашимото, воспроизводящая дыхание почвы, настроена для различных экосистем лесостепной подзоны

- $$R_S = F \times e^{(aT-bT^2)} \times \frac{\alpha P + (1-\alpha)P_{m-1}}{K + \alpha P + (1-\alpha)P_{m-1}}$$
- Согласно прогнозу, при сохранении современного темпа роста температуры воздуха (0,71°C/10 лет) и текущего количества осадков дыхание типичных черноземов в Курской области увеличится в ближайшие 10 лет на:
 - 0,3% в ясеновом лесу
 - 1,0% в луговой степи
 - 3,8% на залежи

• Луговая степь



• Залежь 2-6 лет



• Ясневый лес



Путем модельных экспериментов с DNDC и RothC установлено, что рост температуры воздуха, количества осадков и запасов органического углерода на каждые 10% ведет к усилению почвенного дыхания на 5-35%. Влияние повышения концентрации CO₂ в атмосфере, обработки почвы, ливневых явлений не превышает 1-2% за год

Факторы	Запас органического углерода в почве										Метеорологические факторы												
Модель	DNDC						RothC				T&P												
Изменяемый параметр	уменьшение запасов C _{орг} на 10%			увеличение запасов C _{орг} на 10%			увеличение запасов C _{орг} на 10%				рост температуры на 10%				рост температуры на 10%				увеличение количества осадков на 10%				
Год	2017	2018	2020	2017	2018	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	
Культура																							
Озимая пшеница	-23.6	-30.5		-17.0	-28.4		+8.1	+8.2			+9.7	+10.2											
Подсолнечник	-35.2		-35.3	-33.6		-33.4	+8.7		+8.8	+8.8	+10.2		+10.4	+10.3									
Соя		-26.4	-28.6		-25.5	-27.4		+9.2	+9.2	+9.1		+11.1	+10.8	+10.6									
Ячмень	-25.6		-27.4	-22.5		-24.5	+8.5			+8.6	+9.9			+10.0	+6.8	+8.2	+7.3	+7.9	+4.3	+4.3	+4.8	+4.5	
Кукуруза		-23.8			-22.9			+8.2				+10.5											
Картофель	-18.2	-16.9		-17.5	-16.4		+9.1	+9.2	+9.2		+10.7	+11.2	+10.8										

Публикации

1. Olga Sukhoveeva, Dmitry Karelin, Tatiana Lebedeva, Alexander Pochikalov, Oleg Ryzhkov, Gennady Suvorov, and Alipiy Zolotukhin. Greenhouse gases fluxes and carbon cycle in agroecosystems under humid continental climate conditions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 352:108502, 2023 DOI 10.1016/j.agee.2023.108502 (WoS Q1, Scopus Q1)
2. Карелин Д.В., Суховеева О.Э., Глаголев М.В., Добрянский А.С., Сабреков А.Ф., Замотаев И.В. Годовой бюджет углеродсодержащих биогенных парниковых газов при смешанном землепользовании: Львовский район как модельный объект центрального Черноземья // Почвоведение. 2023. № 8. С. 911-924. DOI 10.31857/S0032180X23600038. – EDN OIHACP. Переводной вариант: Karelin D. V., Sukhoveeva O. E., Glagolev M. V., Dobryanskiy A. S., Sabrekov A. F., and Zamotaev I. V. Annual Carbon Budget of Biogenic Greenhouse Gases under Mixed Land Use: Lgov District as a Model Object of the Central Chernozem Zone of Russia. Eurasian Soil Science, 2023, Vol. 56, No. 8, pp. 1043–1054. DOI: 10.1134/S1064229323600872 (WoS Q4 Scopus Q2).
3. Куричева О.А., Авилов В.К., Варлагин А.В., Гитарский М.Л., Дмитриченко А.А., Дюкарев Е.А., Загирова С.В., Замолотчиков Д.Г., Зырянов В.И., Карелин Д.В., Карсанаев С.В., Курганова И.Н., Лапшина Е.Д., Максимов А.П., Максимов Т.Х., Мамкин В.В., Марунич А.С., Мигловец М.Н., Михайлов О.А., Панов А.В., Прокушкин А.С., Сиденко Н.В., Шилкин А.В., Курбатова Ю.А. Мониторинг экосистемных потоков парниковых газов на территории России: сеть Rflux // Известия РАН. Сер. географическая. 2023, том 87, № 4, с. 512–535. DOI 10.31857/S2587556623040052 EDN: CTGOHO (Scopus Q3).
4. Shabanov N.V., Bartalev S.A., Kobayashi H., Shin N., Khovratovich T.S., Zharko V.O., Medvedev A.A., Telnova N.O. A Semiempirical Approach for Decomposition of Remotely Sensed Leaf Area Index into Overstory and Understory Components over Russian Forests // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2023. DOI: 10.1109/TGRS.2023.3287075.
5. Glagolev M.V., Terentieva I.E., Sabrekov A.F., Il'yasov D.V., Zamolodchikov D.G., Karelin D.V. 2023. Mathematical models of methane consumption by soils: A review. Environmental Dynamics and Global Climate Change, 14(3): 145-166. DOI: 10.18822/edgcc622937
6. Glagolev M.V., Il'yasov D.V., Sabrekov A.F., Terentieva I.E., Karelin D.V. 2023. A multi-model ensemble successfully predicted atmospheric methane consumption in soils across the complex landscape. Environmental Dynamics and Global Climate Change. 14(4): 209-236. DOI: 10.18822/edgcc625761

Спасибо за внимание!



19 янв. 2024 г.